Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 1, 2024, p. 129-146

Effect of Different Levels of Pelleted Poultry Manure and Chemical Fertilizer on Fodder Quality and Maize (*Zea mays* L.) Grain Yield

Sara Darabi[1], Gholamreza Heidari[2]*, Shiva Khalesro[3] and Hossein Jahani-Azizabadi[4]

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Associate Professor, and Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
(*- Corresponding author's Email: g.heidari@uok.ac.ir)

Received: 21-08-2022 Revised: 03-04-2023 Accepted: 06-01-2023 Available Online: 06-01-2023	**How to cite this article:** Darabi, S., Heidari, G., Khalesro, S., & Jahani-Azizabadi, H. (2024). Effect of different levels of pelleted poultry manure and chemical fertilizer on fodder quality and maize (*Zea mays* L.) grain yield. *Journal of Agroecology*, *16*(1), 129-146. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2023.78185.1122

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) ranks first in terms of forage production among forage plants by producing about 490 million tons of fresh and silage forage in the world. Chemical fertilizers are used to increase crop yields and provide human food, but reduce soil organic matter content and, in the long run, pose a serious environmental risk, resulting in contamination of arable soils and surface and groundwater. Organic manures reduce the harmful effects of chemical fertilizers by producing humus and increasing the activity of the soil microbial community. Utilization of non-chemical resources such as farmyard manure in combination with chemical fertilizers can lead to soil fertility and increase yield and crop quality because combined fertilizer systems can provide most of the plant's nutritional needs by increasing the absorption efficiency of nutrients in crops. Considering the importance of organic manures and their combination with chemical fertilizers, this experiment was conducted in order to investigate the effects of different levels of poultry manure, chemical fertilizer, and their combination on yield, yield components, and maize forage quality.

Materials and Methods

The research was carried out in the research farm of Kurdistan University located in Dehgolan County, Kurdistan Province, Iran in the crop year 2017-2018. The experiment was performed in the form of randomized complete blocks with three replications. Experimental treatments included different levels of pelleted poultry manure in combination with chemical fertilizers: Figure 2. T_1: no fertilizer (control), T_2: 1250 kg of poultry manure + zero kg of recommended chemical fertilizer, T_3: 1250 kg of poultry manure + 25% of the recommended chemical fertilizer, T_4: 1250 kg of poultry manure + 50% recommended chemical fertilizer, T_5: 2500 kg of poultry manure + zero kg of recommended chemical fertilizer, T_6: 2500 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_7: 2500 kg of poultry manure + 50% Recommended chemical fertilizer, T_8: 5000 kg of poultry manure + 0 kg of recommended chemical fertilizer, T_9: 5000 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_{10}: 5000 kg of poultry manure + 50% of chemical fertilizer Recommended, T_{11}: 100% recommended chemical fertilizer. In this experiment, traits such as plant height, 1000-seed weight, biological and grain yield, seed nitrogen, starch, oil contents and forage quality were measured.

https://doi.org/10.22067/agry.2023.78185.1122

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the plant height, grain yield, biological yield, grain nitrogen, starch and oil contents, and oil yield were affected by fertilizer treatments at a probability level of 1%. The index harvest of maize was significant at the level of 5% probability. The number of plants per square meter and 1000-seed weight were not affected by fertilizer treatment. The highest plant height (241.2 cm), number of ears per plant (1.2 ears), 1000-seed weight (26.99 $g.m^{-2}$), seed yield (12.76 tons per hectare) and biological yield (26.42 tons per hectare) were observed in the treatment of 5000 kg of plated chicken manure + 50% of the recommended chemical fertilizer. The highest percentage of fodder silage protein (12.58%) and silage ash (10.32%) was observed in the treatment of 2500 kg of plated chicken manure + 50% of the recommended chemical fertilizer. The highest percentage of insoluble fibers in neutral detergent was observed in the T_6 and T_8 treatments, and the lowest percentage of insoluble fibers in neutral detergents was observed in the T10 treatment. The highest and lowest percentages of insoluble fibers in acidic detergent were in the T_2, T_4, and T_3 treatments, respectively. According to the results of the present experiment, the combination of chemical fertilizer with different amounts of chicken manure has reduced the consumption of chemical fertilizers, and in addition to saving on the consumption of fertilizer and the resulting costs, the harmful effects on the environment have also been reduced, and the condition of the soil in terms of fertility in the long term, the percentage of soil organic matter will improve.

Conclusion

The results of the experiment showed that combined fertilizer treatments were superior compared to pure chemical fertilizer and pure poultry manure treatments, improved the yield and yield components of maize and caused a reduction in chemical fertilizers consumption. Chemical fertilizer treatment provided acceptable yield only at high levels.

Keywords: Ash, Crude Protein, Forage maize, Harvest Index, Starch percentage

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ١٦، شماره ١، بهار ١٤٠٣، ص ١٤٦-١٢٩

اثر سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر عملکرد دانه و کیفیت علوفه ذرت (*Zea mays* L.)

سارا دارابی[1]، غلامرضا حیدری[2]*، شیوا خالص‌رو[3] و حسین جهانی‌عزیزآبادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴

چکیده:

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (عدم مصرف کود)، ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده، ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی (کود اوره، کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی، ۲۵۰۰کیلوگرم کود مرغی پلیت شده، ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود. نتایج نشان داد که تیمارهای تلفیقی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد به‌ویژه ارتفاع بوته، وزن بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شدند. بیشترین ارتفاع بوته (۲۴۱/۲ سانتی‌متر)، تعداد بلال در بوته (۲/۱ بلال)، وزن هزار دانه (۲۶/۹۹ گرم بر مترمربع)، عملکرد دانه (۱۲/۷۶ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۲۶/۴۲ تن در هکتار) در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده مشاهده گردید. بیشترین درصد پروتئین سیلاژ علوفه (۱۲/۵۸ درصد) و خاکستر سیلاژ (۱۰/۳۲ درصد) در تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده مشاهده گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که تیمارهای کود تلفیقی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی خالص و کود مرغی خالص دارای برتری بودند و سبب بهبود عملکرد و کیفیت محصول ذرت گردید. باتوجه به نتایج حاصل از آزمایش حاضر ترکیب کود شیمیایی با مقادیر متفاوت کود مرغی، موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود عملکرد و کیفیت ذرت شد. این امر می‌تواند علاوه‌بر صرفه‌جویی در مصرف کود و هزینه‌های ناشی از آن، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی را نیز سبب شود و وضعیت خاک از لحاظ حاصلخیزی درازمدت و درصد ماده آلی خاک بهبود پیدا کند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، خاکستر، درصد نشاسته، ذرت علوفه‌ای، شاخص برداشت

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) با تولید حدود ۴۹۵ میلیون تن علوفه تازه و سیلویی در جهان مقام اول را از نظر تولید علوفه در بین گیاهان علوفه‌ای دارد (FAO, 2021). گیاه ذرت به‌دلیل بالا بودن درصد مواد قندی و نشاسته‌ای بالا و عملکرد بالا در واحد سطح از اهمیت بالایی برخوردار بوده و یکی از مهم‌ترین و بهترین گیاهان علوفه‌ای محسوب می‌شود. علاوه‌براین، ذرت از جمله گیاهان گروه C_4 است که جهت تولید علوفه مورد توجه می‌باشد و به‌دلیل امکان سیلو شدن آسان و ترکیب با مواد غذایی دیگر، از جمله علوفه‌های مهم در صنعت

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
۴- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: g.heidari@uok.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2023.78185.1122

دامپروری به‌شمار می‌آید (Modirshanechi, 2015). در بیشتر خاک-های زراعی ایران به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک به‌دلیل پایین بودن مقدار مواد آلی خاک و کمبود نیتروژن، عملکرد و کیفیت محصولات علوفه‌ای به‌ویژه ذرت پایین است که از یک سو، موجب کمبود گوشت و فراورده‌های لبنی و پایین آمدن کیفیت آن‌ها و از سوی دیگر، موجب افزایش فشار دام بر مراتع و متعاقب آن نابودی بخش وسیعی از پوشش گیاهی موجود و افزایش فرسایش خاک شده است (Modirshanechi, 2015). یکی از روش‌های افزایش تولید علوفه، استفاده صحیح و مناسب از کودهای نیتروژنی است؛ امّا غالب این کودها به‌صورت علمی و مدیریت شده مصرف نمی‌شوند و کارایی مصرف آن‌ها پایین است (Jahanzad et al., 2015). یکی از راهبردهای مهم برای رسیدن به سطح مطلوب تولیدات دامی، تأمین نیاز غذایی دام به‌ویژه از نظر مواد معدنی ضروری است و این امر زمانی میسر است که کیفیت خوراک از نظر ترکیبات شیمیایی، مطالعه شده باشد (Rodney et al., 2011).

کودهای شیمیایی در راستای افزایش عملکرد گیاهان زراعی و تأمین غذای بشر مورد استفاده قرار می‌گیرند، امّا باعث کاهش محتوی ماده آلی خاک می‌شوند و در طولانی‌مدت مخاطرات جدی زیست‌محیطی را ایجاد می‌کنند، که نتیجه این مسئله، آلودگی خاک های زراعی و آب‌های سطحی و زیر زمینی خواهد بود (Bostick et al., 2017). در اثر کاربرد همزمان کودهای دامی و زیستی، شرایط مناسبی جهت رشد و نمو گیاهان مختلف فراهم می‌گردد. روش استفاده از انواع کودهای آلی مشکلی در رشد و نمو گیاه ایجاد نمی‌کند و می‌تواند نقش تکمیلی در رشد گیاه داشته باشد و به تولید محصول منجر شود. کودهای آلی از طریق تولید هوموس اثرات سوء کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند وکودهای زیستی سبب افزایش فعالیت جامعه میکروبی خاک می‌شوند (Shata et al., 2007). علاوه‌براین، برای افزایش عناصر خاک از کاربرد همزمان کودهای معدنی و آلی استفاده می‌شود که امروزه به دلایلی همچون هزینه بالای کودهای غیرآلی و عدم توانایی آن‌ها در ایجاد شرایط مناسب برای خاک، بروز مشکلات زیست‌محیطی و افت کیفیت محصولات، استفاده از کودهای آلی بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفته است (Agyenim-Boateng et al., 2016). کودهای آلی می‌توانند سبب افزایش رشد و عملکرد ذرت شوند و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش دهند (Waniyo et al., 2014). کودهای دامی و مرغی از منابع کودهای آلی هستند که استفاده از آن‌ها در نظام‌های پایدار مدیریت خاک مرسوم می باشد. یکی از راهکارهای کشاورزی پایدار در تأمین نیازهای غذایی گیاهان، کاربرد کودهای آلی است به‌طوری‌که بخشی از نیاز گیاه به نیتروژن به‌جای کودهای شیمیایی از طریق کودهای آلی تأمین می‌شود. در آزمایش‌های بلندمدت مشخص شده است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند یک نظام تولید متراکم را پایدار سازد. کودهای آلی با تولید هوموس، عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده و کارآیی مصرف کودهای شیمیایی را افزایش می‌دهند. افزایش فراهمی عناصر غذایی با مصرف کودهای آلی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه از عوامل تأثیرگذار بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای نظام مدیریت پایدار حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد (Shata et al., 2007). کودهای مرغی نقش مهمی در افزایش کارآیی نیتروژن داشته و باعث کاهش تلفات نیتروژن در خاک شده از ورود بی‌رویه نیتروژن به آب‌های جاری و زیر زمینی جلوگیری خواهند کرد (Farhad et al., 2009). کودهای دامی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین ماده آلی و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند و تأثیر مثبتی در ارتقای وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. مصرف این کودها سبب افزایش بازده خاک‌های فرسایش یافته و کم بازده می‌گردد. افزودن کودهای دامی علاوه‌بر ارتقای وضعیت شیمیایی و فیزیکی خاک به‌عنوان مهم‌ترین عامل افزاینده فعالیت جامعه میکروبی خاک عمل نموده و در زمان وجود این مواد در خاک، ریزجانداران بیش‌ترین میزان فعالیت را خواهند داشت (Shata et al., 2007).

با توجه به وجود نقاط ضعف در هر یک از کودهای آلی، کاربرد تلفیقی آن‌ها می‌تواند سبب افزایش کارآیی این نوع کودها شود (Suresh et al., 2022). بهره‌گیری از منابع غیر شیمیایی مانند کود دامی در تلفیق با کودهای شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصول منجر شود، زیرا سیستم‌های تلفیقی کودی می‌تواند بیشتر نیازهای غذایی گیاه را تأمین نمایند و از طریق افزایش کارآیی جذب مواد غذایی، تولید محصول را افزایش دهند (Agyenim-Boateng et al., 2016). محققین همچنین اظهار کردند که تلفیق کودهای شیمیایی با کود مرغی می‌تواند یک استراتژی قوی مدیریتی در تولید علوفه با کیفیت باشد (Muhammet, 2019).

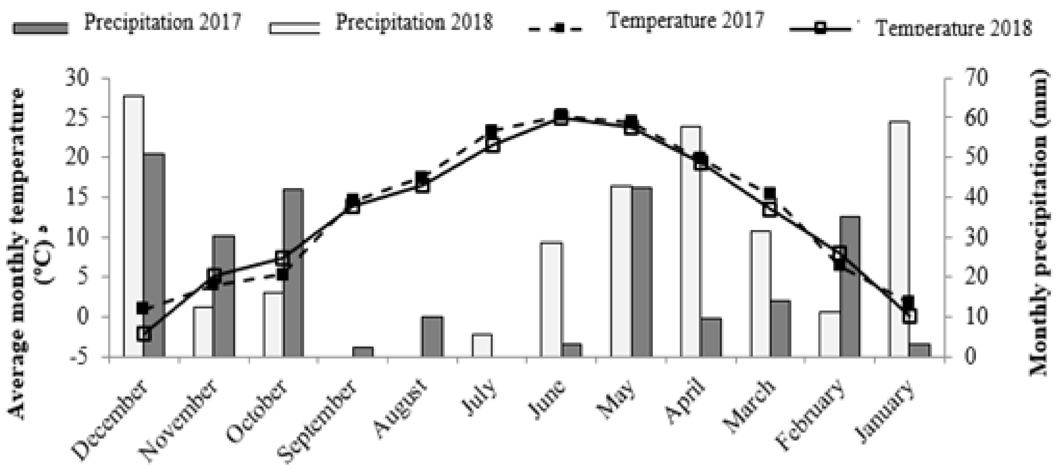
اهمیت تغذیه مناسب و کافی نشخوارکنندگان از نظر کمّی و

کیفی ایجاب می‌کند که کیفیت غذایی هریک از مواد خوراکی و اجزای تشکیل‌دهنده آن طبق روش‌های صحیح و استاندارد تعیین گردد. کمیت و کیفیت علوفه از جنبه‌های مهم تولید در گیاهان زراعی است و تحت تأثیر شرایط رشد و ویژگی‌های گیاه زراعی قرار می‌گیرد (Sharma et al., 2020). درصد پروتئین خام، ماده خشک قابل هضم و انرژی متابولیسمی مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت علوفه هستند که با اندازه‌گیری درصد نیتروژن و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی قابل اندازه‌گیری می‌باشند. برای تعیین ارزش غذایی گیاهان علوفه‌ای، ترکیبات شیمیایی و متغیرهای مختلفی شامل نیتروژن، پروتئین، چربی خام، خاکستر، مواد آلی، الیاف محلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، انرژی قابل هضم، انرژی متابولیسمی، هضم‌پذیری ماده خشک، هضم‌پذیری ماده آلی، کل مواد مغذی قابل هضم، عصاره عاری از نیتروژن، پتانسیل مصرف، ارزش غذایی نسبی و مواد معدنی در شرایط مختلف محیطی اندازه‌گیری می‌شود (Sharma et al., 2020). باتوجه به اهمیت کودهای آلی و تلفیق آن‌ها با کودهای شیمیایی، این آزمایش در راستای بررسی اثرات سطوح مختلف کود مرغی، کود شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد، کیفیت دانه و کیفیت علوفه ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان واقع در دهگلان در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان سنندج در ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۴۵/۳۷ درجه شرقی و ۳۵/۸ درجه شمالی انجام شد. میانگین درجه حرارت ماهیانه، رطوبت نسبی، و مجموع بارندگی ماهیانه در سال اجرای تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده در ترکیب با کودهای شیمیایی (کود اوره، کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) بودند: T_1: عدم مصرف کود (شاهد)، T_2: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_3: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_4: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی، T_5: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_6: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_7: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی، T_8: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_9: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{10}: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{11}: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده. قبل از کاشت و تهیه بستر از پنج نقطه محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).



شکل ۱- دما و بارش سالیانه در سال زراعی ۹۷-۹۶ در محل اجرای آزمایش

Fig. 1- Annual temperature and rainfall in the 2017- 2018 crop year at the test site

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

Table 1- Results of soil decomposition of the test site

بافت (لومی رسی) Texture (clay loam)			ماده آلی Organic substance (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته Acidity (pH)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)
شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس clay (%)							
14.2	38.4	47.4	0.76	0.49	7.62	2.20	0.8	320	12.4

باتوجه به نتایج حاصل از آزمایش خاک مزرعه، بر اساس نوع طرح و توصیه‌های کودی آزمایشگاه خاکشناسی، میزان کود مورد نیاز هر کرت توزین گردید و پس از آماده کردن مقدمات کار، آماده‌سازی بستر کشت و پیاده نمودن نقشه طرح روی زمین مزرعه، تیمارهای کودی مورد نظر در یک نوبت و قبل از کاشت اعمال گردید (کود اوره، کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی معادل ۴۸۰ گرم اوره، ۸۴ گرم سولفات پتاسیم و ۲۵۸ گرم سوپر فسفات تریپل بود. ۵۰ درصد کود شیمیایی معادل ۲۴۰ گرم اوره، ۴۲ گرم سولفات پتاسیم و ۱۲۹ گرم سوپر فسفات تریپل در نظر گرفته شد. ۲۵ درصد کود شیمیایی معادل ۱۲۰ گرم کود اوره، ۲۱ گرم سولفات پتاسیم و ۶۵ گرم سوپرفسفات تریپل بود. مشخصات کود مرغی پلیت شده مورد استفاده در آزمایش: نیتروژن کل: ۲/۴ درصد، فسفر قابل استفاده: ۲/۳ درصد، پتاسیم محلول در آب: ۲ درصد، کربن آلی: ۱۵ درصد، ماده آلی: ۲۵ درصد، گوگرد عنصری: هشت درصد) و پس از آن، کشت به‌صورتی دستی انجام شد. ابعاد هر کرت شامل ۱۲ مترمربع (۳ × ۴) بود. در هر کرت آزمایش، چهار ردیف بذر با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت گردید. کاشت گیاه در تاریخ ۱۴ خرداد سال ۱۳۹۷ و برداشت در ۱۵ مهر ماه سال ۱۳۹۷ انجام گردید. هیبرید ذرت مورد بررسی در آزمایش حاضر سینگل کراس ۲۶۰ با نام تجاری فجر بود که بذر گواهی شده هیبرید فوق از مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر استان کردستان تهیه شده که با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، مانند کوتاهی فصل رشد و سرمای زودرس پاییزه، برای منطقه مورد مطالعه مناسب بود. نمونه‌برداری در دو مرحله متفاوت رشد با در نظر گرفتن اثر حاشیه در هر کرت آزمایشی و حذف آن صورت گرفت. برای تعیین تأثیر مصرف کودهای اعمال شده بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و غلظت عناصر غذایی موجود در دانه، نمونه‌برداری در زمان رسیدگی از مساحتی معادل دو مترمربع انجام شد. برای تعیین تأثیر تیمارهای آزمایشی اعمال شده بر کیفیت علوفه ذرت، در مرحله شیری شدن نمونه‌برداری به‌مساحت یک مترمربع انجام شد.

پروتئین دانه ذرت به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد (Nelson & Sommers, 1973). برای این منظور، ۰/۵ گرم بذر آسیاب شده، ۱/۳ گرم کاتالیزور و ۱۲/۵ میلی لیتر اسید سولفوریک خالص داخل لوله های کجلدال ریخته شد، ابتدا در ۱۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت و سپس در دمای ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱/۵ ساعت هضم شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به‌مدت هفت دقیقه در داخل کجلدال تقطیر شد و با اضافه کردن اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال با استفاده از معادله ۱ درصد پروتئین قرائت گردید.

معادله (۱) $(\%P) = [0.14 \times V_{HCL} \times K] / W$

که در آن، %P: درصد پروتئین، V_{HCL}: مقدار هیدروکلریدریک اسید، K: ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین (۶/۲۵)، W: مقدار نمونه (۰/۵ گرم). استخراج نشاسته با روش مک‌کریدی و همکاران (McCready et al., 1950) صورت گرفت. برای تعیین درصد روغن از روش استخراج پیوسته سوکسوله استفاده شد و مقدار آن از طریق معادله ۲ به‌دست آمد (AOAC, 2005).

معادله (۲)

عملکرد دانه × درصد روغن = عملکرد روغن (تن در هکتار)

به‌منظور بررسی ارزش غذایی ذرت علوفه‌ای، از هر کرت سه بوته کامل شامل شاخ و برگ و بلال در مرحله شیری شدن از محل طوقه در سطح خاک قطع گردید و پس از اینکه به قطعات کوچک خرد شد، در سیلوی آزمایشی سیلو گردید. بعد از سپری شدن ۴۵ روز از زمان ذخیره سازی، سیلوهای آزمایش باز شد و از سیلاژ (علوفه ترش شده) هر تیمار نمونه‌ای برای بررسی اثر تیمارهای آزمایشی برداشت گردید. در مرحله بعد، نمونه‌ها در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت

۴۸ ساعت قرار داده شد. بعد از خشک شدن نمونه‌ها به‌وسیله آسیاب دارای الک دو میلی‌متری الک گردید و صفات مربوط به کیفیت علوفه اندازه‌گیری شد. در این روش، ۱۰۰ گرم ماده سیلاژ ذرت تازه را داخل ظرف آلومینیومی ریخته رشد و بعد از توزین مجدد به‌مدت ۷۲ ساعت داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از خارج کردن نمونه‌ها از آون با کم کردن وزن بوته‌ها از وزن اولیه آن‌ها، درصد ماده خشک سیلاژ محاسبه گردید. خاکستر سیلاژ با استفاده از روش وان و همکاران (Van et al., 1991) و درصد پروتئین خام علوفه از روش نلسون و سامرس (Nelson & Sommers, 1973) محاسبه گردید. برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی، از روش وان و همکاران (Van et al., 1991) استفاده شد، به‌منظور اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده اسیدی از روش پیشنهادی AOAC استفاده شد و اندازه‌گیری خصوصیات هضم‌پذیری سیلاژ ذرت از روش تیلی و تری (Tilley & Terry, 1963) انجام شد.

معادله (۳)

$$\text{درصد نیتروژن} : \frac{1.401 \times \text{نرمالیته اسید} \times \left(\text{میزان اسید بلانک} - \text{میزان اسید نمونه}\right)}{\text{وزن نمونه گرم}}$$

معادله (۴)

$$\text{درصد پروتئین خام} = \text{درصد نیتروژن} \times ۶/۲۵$$

معادله (۵)

$$\%NDF = \frac{\left[\left(\text{وزن بوته} - \text{وزن بعد از کوره}\right) - \left(\text{وزن بوته خالی} - \text{بوته‌ها بعد از آون}\right)\right]}{۱۰۰} \times \text{وزن نمونه}$$

معادله (۶)

$$\%ADF = \frac{\left[\left(\text{وزن کروزه خالی} - \text{وزن بعد ازکوره}\right) - \left(\text{وزن خالی بوته} - \text{وزن بوته‌ها ازبعد آون}\right)\right]}{۱۰۰} \times \text{وزن نمونه}$$

تجزیه آماری بر اساس مدل آماری طرح‌های مورد استفاده و نرمال‌سازی داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی‌دار از آزمون LSD استفاده شد. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاضر نشان داد که صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، نیتروژن دانه، پروتئین دانه، نشاسته دانه، روغن دانه و عملکرد روغن تحت تأثیر تیمار کودی اعمال شده در سطح احتمال یک درصد و شاخص برداشت ذرت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. صفات تعداد بوته در مترمربع و وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار کودی اعمال شده قرار نگرفتند و نتایج تجزیه واریانس آن‌ها غیر معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر ارتفاع بوته و اجزای عملکرد ذرت

Table 2- Analysis of variance of the effect of different treatments of pelleted poultry manure and chemical fertilizer on plant height and yield components of corn

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بلال در بوته Number of ear per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	11.96 ns	0.05 ns	0.36 ns	0.08 ns	1.39ns	13.60 ns
تیمار Treatment	10	169.95 **	0.0241 ns	1.45 ns	7.27 *	14.17 **	69.13*
خطا Error	20	7.69	0.01	1.27	0.62	1.02	25.28
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.21	11.12	4.45	7.07	4.42	10.45

ns غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, *: significant at $p \leq 0.05$, **: significant at $p \leq 0.01$, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر صفات کیفی دانه

Table 3- Analysis of variance of the effect of different treatments of pelleted poultry manure and chemical fertilizer on seed quality traits

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نیتروژن دانه Seed N	نشاسته دانه Seed starch	روغن دانه Seed oil	عملکرد روغن دانه Seed oil yield
بلوک Block	2	0.05^{ns}	0.13 ^{ns}	0.11 ^{ns}	21.52^{ns}
تیمار Treatment	10	0.05 **	2.25**	2.07**	704.05**
خطا Error	20	0.011	0.04	0.31	54.25
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.09	10.63	10.63	12.30

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, *: significant at $p \leq 0.05$, **: significant at $p \leq 0.01$, respectively.

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش سطوح کودی استفاده شده موجب افزایش ارتفاع بوته ذرت شد. افزایش ارتفاع بوته در تیمارهای کودی تلفیقی بیشتر بود، به این صورت که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۲۴۱/۲ سانتی متر) و کمترین ارتفاع بوته (۲۱۸/۸ سانتی متر) در تیمار عدم مصرف کود (شاهد) مشاهده گردید (جدول ۴). افزایش ارتفاع ذرت در تیمارهای کود تلفیقی می‌تواند به علت افزایش میزان نیتروژن در خاک و افزایش دسترسی گیاه به این عنصر، افزایش آماس سلولی گیاه باشد. علاوه‌براین، افزایش ارتفاع در تیمارهای تلفیقی کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی می‌تواند با بهبود وضعیت خاک از لحاظ مواد آلی، بهبود جمعیت میکروبی خاک و افزایش جذب مواد غذایی نیز در ارتباط باشد (Cheema et al., 2010). به نظر می‌رسد که افزودن همزمان کودهای شیمیایی و آلی علاوه‌بر تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، موجب کاهش هدرروی نیتروژن از طریق آبشویی، متصاعد شدن و تثبیت نیتروژن می‌شود و از طریق فرآیند معدنی شدن، نیتروژن مجدداً به‌صورت قابل جذب گیاه در می‌آید که این امر افزایش رشد رویشی گیاه در طول دوره رشد را به‌همراه داشته است (Djilan et al., 2013). در تحقیقی که با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود دامی بر سطوح مختلف ذرت انجام شد، بیان کردند که ارتفاع ذرت در تیمار ۱۲ تن کود مرغی در هکتار بیشتر از سایر تیمارها بود (Farhad et al., 2009). در تحقیق دیگری با بررسی سطوح مختلف کود اوره و کود مرغی در سطوح صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی مشاهده شد که بیشترین ارتفاع بوته ذرت در تیمار تلفیقی ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره + ۵ تن کود مرغی در هکتار به‌دست آمد (Ayeni & Adetunji, 2010). کریمی‌نژاد و همکاران (Kariminejad et al., 2017) در آزمایشی که با هدف بررسی اثر مقدار کود بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت انجام دادند، گزارش کردند که افزایش کود به افزایش ارتفاع گیاه منجر گردیده است که دلیل این امر را افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه و افزایش تعداد گره در ساقه بیان کردند.

تعداد بلال در بوته

بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین تعداد بلال در بوته در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۲/۱ بلال در بوته) و کمترین تعداد بلال در بوته (۱/۰۶ بلال در بوته) در شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین این صفت نشان داد که تعداد بلال در بوته با افزایش مقدار کود مصرفی در هکتار روند افزایشی داشت، به‌طوری که در تیمارهای ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده در بالاترین مقدار خود قرار داشت. به نظر می‌رسد که کاربرد توأم کودها نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، نقاط ضعف موجود در هر یک از دو نوع کود اعم از کمبود مواد آلی، وجود محرک‌های رشد یا تفاوت در محتوی عناصر غذایی را جبران می‌نماید و با تأمین بهتر عناصر غذایی همراه با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب عناصرغذایی، بهبود تولید و افزایش عرضه مواد

پرورده به بلال و در نهایت، افزایش تعداد بلال در بوته فراهم می‌آورد (Dilshad et al., 2010). در مطالعه‌ای، حبیبی و مجیدی (Habibi & Majidi, 2014) افزایش معنی‌دار تعداد بلال در بوته را در تیمارهای کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و کود آلی در مقایسه با شاهد گزارش کردند. کریمی‌نژاد و همکاران (Kariminejad et al., 2017) نیز با بررسی اثر مصرف کودهای آلی و معدنی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴، گزارش کردند که اثر مصرف کودهای آلی بر تعداد بلال در بوته معنی‌دار بود و باعث افزایش مقدار این صفت در مقایسه با شاهد گردید.

جدول ٤- تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 4- Effect of different levels of poultry manure and chemical fertilizers on maize yield and yield components

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد بلال در بوته Number of ear per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
T_1	218.8	1.1	24	7.4	19.4	36.3
T_2	219.5	1.3	24.9	10	21.4	45.8
T_3	223.6	1.3	25.2	10.9	21.1	47
T_4	225	1.4	25.3	10.2	22.2	50.3
T_5	221.9	1.6	26.4	10.7	21.4	51.1
T_6	223.5	1.5	24.6	11.4	23.1	51.6
T_7	233.2	1.7	26.4	12.5	23.9	52.3
T_8	226.3	1.7	25.6	12.4	23.2	52.3
T_9	233.1	1.9	25.9	12.3	26.4	53.7
T_{10}	241.2	2.1	26.9	12.8	26	54
T_{11}	237.8	1.7	25.6	12	26.2	52.7
LSD 5%	5.5	0.4	2.6	1.5	2.2	1.5

T_1: عدم مصرف کود (شاهد)، T_2: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_3: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_4: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_5: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_6: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_7: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_8: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_9: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{10}: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{11}: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده.

T_1: no fertilizer (control), T_2: 1250 kg of poultry manure + zero kg of chemical fertilizer, T_3: 1250 kg of poultry manure + 25% of the recommended chemical fertilizer, T_4: 1250 kg of poultry manure + 50% recommended chemical fertilizer, T_5: 2500 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_6: 2500 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_7: 2500 kg of poultry manure + 50% Recommended chemical fertilizer, T_8: 5000 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_9: 5000 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_{10}: 5000 kg of poultry manure + 50% of chemical fertilizer Recommended, T_{11}: 100% recommended chemical fertilizer.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی اعمال شده قرار نگرفت (جدول ۲). وزن هزار دانه از جمله صفاتی است که بیشتر تحت تأثیر کنترل ژنتیکی است و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Zeidan et al., 2016). نتایج متفاوتی در خصوص تغییرات وزن هزار دانه در ذرت تحت تیمارهای کودی متفاوت گزارش شده است. وزن هزار دانه در آزمایش دیگری تحت تأثیر تیمار کود دامی اعمال شده قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد (Vajedi Roshan et al., 2015). در آزمایش کریمی‌نژاد و همکاران (Kariminejad et al., 2017) نیز وزن هزار دانه تحت تأثیر کود نیتروژن اعمال شده معنی‌دار نگردید. اختلاف مقادیر مختلف وزن هزار دانه در تیمارهای کود تلفیقی در مقایسه با شاهد در ذرت شیرین گزارش شده است (Mojab Ghasroddashti et al., 2017).

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین (۱۲/۷۶ تن در هکتار) و کمترین (۷/۴۳ تن در هکتار) عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و شاهد (عدم مصرف کود) به‌دست آمد (جدول ۴). تیمارهای ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵

درصد کود شیمیایی توصیه شده از لحاظ آماری با تیمار برتر در یک سطح آماری قرار گرفتند و میزان عملکرد دانه در این تیمارها بیشتر از سایر تیمارها بود. ازجمله دلایل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کود مرغی می‌توان به مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سطوح تلفیقی اشاره کرد. به‌طوری‌که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است، میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به‌علت تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی تری ادامه پیدا می‌کند (Curran & Posch, 2010). کوران و پوش (Curran & Posch, 2010) نیز در پژوهشی گزارش کردند که عملکرد دانه ذرت در تیمار تلفیقی کود آلی و کود شیمیایی بالاتر از سایر تیمارهای آزمایش بود. نتایج مشابهی در خصوص افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کودی تلفیقی توسط فرناندز و همکاران (Fernandez et al., 2010) گزارش شده است. افزایش شاخص سطح برگ باعث افزایش طول دوره مادەسازی می‌شود و در نتیجه، طول دوره پر شدن دانه افزایش می‌یابد و مجموع، این عوامل موجب افزایش عملکرد دانه ذرت می‌گردد (Fernandez et al., 2010).

عملکرد بیولوژیک

بر اساس مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۶/۴۲ تن در هکتار) در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۹/۴۵ تن در هکتار) در تیمار عدم مصرف کود به‌دست آمد. تیمارهای ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده از لحاظ آماری در سطوح مشابه قرار گرفتند و عملکرد بیولوژیک در این تیمارها بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در سطوح کودی تلفیقی، وجود نیتروژن در ابتدای مراحل رشد موجب افزایش رشد رویشی می‌شود. علاوه‌براین، آزادسازی نیتروژن و سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از کودهای آلی نیز موجب بهبود رشد زایشی گیاه و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه می‌شود. در نتیجه، در تیماری که عناصر غذایی مورد نیاز در طی فصل رشد به‌صورت مطلوبی تأمین شده است، میزان عملکرد بیولوژیک آن نیز بالاتر بوده است. پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در روش‌های تغذیه تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل استفاده خاک با نیازهای گیاه می‌دانند. استفاده تلفیقی از کود دامی و کود شیمیایی در کنار بهبود خصوصیات فیزیکی خاک منجر به افزایش تولید از طریق استفاده مؤثر و کارآمد از آب و مواد غذایی می‌شود (Bhattacharyya et al., 2018). طی یک بررسی مشاهده شد که بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار تلفیقی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص + ۴ تن کود مرغی در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در شاهد (بدون مصرف کود) به‌دست آمد که این امر، نتیجه تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌صورت مطلوب در تیمارهای کودی تلفیقی بود (Mojab Ghasroddashti et al., 2017). نتیجه مشابهی نیز در خصوص افزایش عملکرد بیولوژیک توسط چیما و همکاران (Cheema et al., 2010) گزارش شد.

شاخص برداشت

مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که بیشترین شاخص برداشت (۵۴/۰۳ درصد) در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده به‌دست آمد که با درصد شاخص برداشت در تیمارهای ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده در یک سطح آماری قرار گرفت. کمترین شاخص برداشت (۳۶/۳۰ درصد) در شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد. شاخص برداشت ذرت با افزایش کود مصرفی روند افزایشی داشت (جدول ۴). کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، علاوه‌بر بهبود رشد اولیه گیاه، معدنی شدن کود آلی را نیز تسریع می‌کند. همچنین، کود آلی تا مراحل پایانی رشد عناصر غذایی را برای گیاه فراهم نموده و در نتیجه، عملکرد و شاخص برداشت را به یک سطح می‌رساند. در تحقیقی، اثرات مثبت کودهای دامی بر افزایش شاخص برداشت ذرت گزارش شده است (Vajedi Roshan et al., 2015). نتایج آزمایش انجام شده توسط کریمی‌نژاد و همکاران (Kariminejad et al., 2017) نشان داد که درصد شاخص برداشت ذرت در تیمارهای تلفیقی کود آلی و کود شیمیایی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت، امّا تیمارهای مستقل کود آلی نتوانستند اختلاف معنی‌داری ایجاد کنند. در تحقیق دیگری، تأثیر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و زیستی) بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نشان داد که تفاوت معنی‌داری از لحاظ شاخص برداشت در بین

سطوح مختلف کودی وجود دارد و بیشترین مقدار شاخص برداشت به تیمار کودی تلفیقی تعلق داشت (Maghsudi et al., 2014). نتایج گزارش‌های ذکر شده در خصوص بهبود وضعیت درصد شاخص برداشت ذرت در استفاده از کودهای آلی، شیمیایی و تلفیق آن‌ها با نتایج حاصل از آزمایش حاضر همسو می‌باشد.

درصد نیتروژن دانه

بر اساس مقایسه میانگین انجام شده، بیشترین (۱/۷۳) و کمترین (۱/۲۳) درصد نیتروژن دانه ذرت به‌ترتیب از تیمارهای ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد. درصد نیتروژن دانه ذرت در آزمایش حاضر با افزایش سطوح کودی افزایش یافت. کمترین درصد نیتروژن بعد از شاهد، در تیمار ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۱/۴ درصد) و تیمار ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱/۵ درصد) مشاهده شد. میزان نیتروژن دانه ذرت در تیمارهای ۱۲۵۰کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱/۶ درصد)، ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کود شیمیایی توصیه شده (۱/۶۳ درصد)، ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱/۶۳ درصد)، ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱/۶ درصد)،۵۰۰۰کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کود شیمیایی (۱/۶۳درصد)،۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱/۶ درصد) و صد در صد کود شیمیایی (۱/۶۶ درصد) نیز در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۵). مصرف کود آلی در تلفیق با کود شیمیایی باعث فراوانی عنصر نیتروژن شده و این امر افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه را به‌دنبال دارد که این امر، درصد نیتروژن ساقه و برگ را افزایش داده است. بیشترین مقدار نیتروژنی که توسط گیاه جذب می‌شود، در راستای تولید آنزیم‌ها (به ویژه آنزیم‌هایی که در فتوسنتز نقش دارند) و اسیدهای آمینه مصرف می‌گردد، و این آنزیم‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در فتوسنتز و به‌دنبال آن تولید گیاهی دارند. زمانی که نیتروژن قابل دسترس گیاه بیشتر از نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تولید باشد، درصد پروتئین اندام‌های گیاهی و دانه افزایش پیدا می‌کند (Thind et al., 2018). در مطالعه ای بیان شد که میزان جذب نیتروژن گیاه ذرت در تیمار کود مرغی و اوره از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند.

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف کود مرغی و کود شیمیایی بر صفات کیفی دانه

Table 5- Effect of different levels of poultry manure and chemical fertilizers on seed quality traits

تیمار Treatment	درصد نیتروژن دانه Seed N content (%)	درصد نشاسته دانه Seed starch content (%)	درصد روغن دانه Seed oil content (%)	عملکرد روغن دانه Seed oil yield (t.ha^{-1})
T_1	1.23	70.4	4.4	0.33
T_2	1.4	71.2	5	0.5
T_3	1.5	71.1	5.3	0.59
T_4	1.6	71.3	5.2	0.6
T_5	1.63	71.4	5.6	0.61
T_6	1.6	72	5.6	0.64
T_7	1.63	72.4	5.7	0.71
T_8	1.63	72.7	6	0.75
T_9	1.6	73	5.8	0.71
T_{10}	1.73	73	5.7	0.73
T_{11}	1.66	71.7	5.9	0.7
LSD 5%	0.19	0.5	0.8	0.12

T_1: عدم مصرف کود (شاهد)، T_2: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_3: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_4: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_5: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_6: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_7: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_8: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_9: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{10}: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{11}: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده.

T_1: no fertilizer (control), T_2: 1250 kg of poultry manure + zero kg of chemical fertilizer, T_3: 1250 kg of poultry manure + 25% of the recommended chemical fertilizer, T_4: 1250 kg of poultry manure + 50% recommended chemical fertilizer, T_5: 2500 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_6: 2500 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_7: 2500 kg of poultry manure + 50% Recommended chemical fertilizer, T_8: 5000 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_9: 5000 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_{10}: 5000 kg of poultry manure + 50% of chemical fertilizer Recommended, T_{11}: 100% recommended chemical fertilizer.

امّا غلظت نیتروژن و جذب آن در تیمار کاربرد کود مرغی بیشتر از کود اوره بود که دلیل آن را سرعت آهسته تجمع نیتروژن آلی و آبشویی پایین گزارش کردند (Hirzel et al., 2007). نتایج به‌دست آمده از تحقیق جودیت و همکاران (Judith et al., 2009) نشان داد که جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت در صورت استفاده از کود اوره ۹۷/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کاربرد همزمان کود دامی +کود اوره منجر به افزایش ۱۱۰ درصدی جذب نیتروژن نسبت به شاهد شد.

درصد نشاسته دانه

مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کودی بر درصد نشاسته دانه نشان داد که بیشترین (۷۳/۰۵ درصد) و کمترین (۷۰/۴۴ درصد) درصد نشاسته به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده و تیمار عدم مصرف کود (شاهد) مشاهده شد. با افزایش سطوح کودی در تیمارهای مورد آزمایش، درصد نشاسته دانه ذرت روند افزایشی نشان داد و در سطوح بالای کودی به بیشترین مقدار خود رسید. کمترین درصد نشاسته دانه ذرت بعد از شاهد در تیمارهای ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۷۱/۱۳ درصد) و ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۷۱/۱۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). در مرحله پر شدن دانه، اولین ترکیب ذخیره شده در دانه‌ها ترکیبات پروتئینی هستند و در مرحله بعد ترکیبات کربوهیدراتی در دانه‌ها ذخیره می‌شوند. بنابراین، باتوجه به اینکه تیمار کود تلفیقی از هر دو منبع شیمیایی و آلی عناصر غذایی کافی به‌خصوص نیتروژن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و می‌تواند به افزایش طول دوره رشد منجر شود، لذا گیاه مدت زمان بیشتری برای ذخیره کربوهیدرات در اختیار دارد (Hirzel et al., 2007). در تحقیقی، اثر کود تلفیقی بر کیفیت دانه ذرت بررسی شد که نتایج نشان داد که درصد نشاسته در تیمارهای کودی، بالاتر از شاهد قرار گرفت و بیشترین درصد نشاسته به تیمار کود تلفیقی مربوط بود (Hirzel et al., 2007). در آزمایش دیگری که توسط جودیت و همکاران (Judith et al., 2009) انجام شد، درصد نشاسته ذرت با کاربرد کود تلفیقی افزایش یافت. همچنین در مطالعه دیگری نیز نتایج مشابهی در خصوص افزایش درصد نشاسته در تیمار کود تلفیقی در مقایسه با شاهد به‌دست آمد (Hirzel et al., 2018).

درصد روغن دانه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین درصد روغن (شش درصد) دانه به تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی و کمترین درصد روغن (۴/۴ درصد) دانه به شاهد مربوط بود (جدول ۵). باتوجه به اینکه افزایش درصد پروتئین دانه باعث کاهش درصد روغن می‌شود که دلیل این امر، رقابت برای کربن در طی متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد و میزان کربوهیدرات لازم جهت سنتز پروتئین‌ها، بیشتر از میزان کربن لازم جهت سنتز چربی‌ها است، بنابراین در تیمارهایی که سطوح نیتروژن بسیار بالا است، سنتز روغن کاهش یافته و سنتز پروتئین افزایش می‌یابد (Javanmard & Shekari, 2016). بنابراین، کاهش درصد روغن در تیمارهای T_9، T_{10} و T_{11} که درصد پروتئین دانه بالاتری داشتند، منطقی به نظر می‌رسد. درصد چربی ازجمله ویژگی‌های ژنتیکی رقم است، امّا با توجه به اینکه منشأ تولید چربی ترکیباتی است که در فرآیند فتوسنتز تولید می‌شود، بهبود شرایط رشد گیاه می‌تواند باعث افزایش درصد چربی شود (Cheema et al., 2010). به نظر می‌رسد که در صورت استفاده از کودهای آلی شرایط مناسب‌تری برای رشد و توسعه ریشه و اندام‌های گیاهی فراهم می‌شود که نتیجه آن بهبود وضعیت جذب آب و عناصر غذایی و نهایتاً افزایش درصد روغن در ذرت می‌باشد (Cheema et al., 2010). در مطالعه‌ی انجام شده توسط مقصودی و همکاران (Maghsudi et al., 2014) افزایش درصد چربی در تیمار کود تلفیقی در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد. در آزمایش چیما و همکاران (Cheema et al., 2010) نیز درصد روغن در تیمارهای کود تلفیقی دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم مصرف کود) بود. جوانمرد و شکاری (Javanmard & Shekari, 2016) در پژوهشی که با هدف بررسی بهبود عملکرد و روغن دانه آفتابگردان با کاربرد کودهای آلی و شیمیایی انجام گرفت، گزارش کردند که درصد روغن دانه تحت تأثیر معنی‌دار کاربرد کود شیمیایی، کود آلی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت و بیشترین درصد روغن در تیمار ۵۰ درصد کود تلفیقی مشاهده شد.

مطابقت دارد.

عملکرد روغن دانه

بیشترین عملکرد روغن (۰/۷۴۶۲ تن در هکتار) در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی و کمترین عملکرد روغن (۰/۳۲۷۱ تن در هکتار) در شاهد مشاهده شد (جدول ۵). در آزمایش جوانمرد و شکاری (Javanmard & Shekari, 2016) عملکرد روغن در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود مرغی + ۵۰ درصد کود دامی بالاتر از سایر تیمارها بود. آنان عملکرد بالای روغن در این تیمار را به درصد بالای روغن دانه و عملکرد دانه بالا نسبت به سایر تیمارها نسبت دادند. نتایج تحقیق حاضر با نتیجه آزمایش جوانمرد و شکاری (Javanmard & Shekari, 2016)

اثر سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر کیفیت سیلاژ ذرت علوفه‌ای

خاکستر علوفه سیلویی (ASH)

بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین درصد خاکستر به تیمار ۱۲۵۰کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کود شیمیایی (۹/۲۵ درصد) و تیمار ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱۰/۳۲ درصد) مربوط بود و کمترین درصد خاکستر در تیمار ۵۰۰۰کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۷/۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ٦- اثر سطوح کود شیمیایی و کود مرغی پلیت شده بر ترکیب شیمیایی علوفه ذرت (درصد ماده خشک)

Table 6- The effect of chemical fertilizer and pelleted poultry manure levels on the chemical composition of maize fodder (percentage of dry matter)

تیمارها Treatments	خاکستر Ash (%)	پروتئین Protein (%)	ماده خشک Dry matter (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Insoluble fibers in neutral detergent (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Insoluble fibers in acidic detergents (%)
T_1	8.69	10.85	24.36	60.61	24.93
T_2	9.25	11.28	25.72	63.11	31.70
T_3	10.32	11.17	23.71	63.31	29.15
T_4	7.63	10.63	25.01	64.76	21.73
T_5	9.43	10.21	26.41	60.61	25.36
T_6	9.43	11.65	26.96	65.51	21.40
T_7	9.09	12.58	27.51	61.71	25.30
T_8	7.33	12.21	26.77	72.26	22.60
T_9	8.93	12.06	27.05	62.76	23.20
T_{10}	7.71	11.83	24.74	54.33	24.30
T_{11}	8.64	10.47	26.42	65.51	27.66
LSD 5%	0.9	0.5	1.9	8.5	6.2

T_1: عدم مصرف کود (شاهد)، T_2: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_3: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_4: ۱۲۵۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_5: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_6: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_7: ۲۵۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_8: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + صفر کیلوگرم کود شیمیایی، T_9: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{10}: ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، T_{11}: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده.

T_1: no fertilizer (control), T_2: 1250 kg of poultry manure + zero kg of chemical fertilizer, T_3: 1250 kg of poultry manure + 25% of the recommended chemical fertilizer, T_4: 1250 kg of poultry manure + 50% recommended chemical fertilizer, T_5: 2500 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_6: 2500 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_7: 2500 kg of poultry manure + 50% Recommended chemical fertilizer, T_8: 5000 kg of poultry manure + zero kg chemical fertilizer, T_9: 5000 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, T_{10}: 5000 kg of poultry manure + 50% of chemical fertilizer Recommended, T_{11}: 100% recommended chemical fertilizer.

نتایج تحقیقات نشان داده است که با افزایش استفاده از کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژنه محتوی خاکستر علوفه افزایش یافت. دلیل افزایش درصد خاکستر در نتیجه تأمین نیتروژن، بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه‌های گیاه عنوان شده است. از این رو، هرچه ریشه‌های گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی مورد نیاز گیاه نیز افزایش خواهد یافت (Ayub et al., 2017). در پژوهش دیگری که اثر کودهای آلی بر درصد ویژگی‌های کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت، گزارش شد که این کود اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر علوفه نداشت و کمترین درصد خاکستر در تیمار کود شیمیایی مشاهده گردید. در توجیه این

مسئله چنین بیان شد که درصد خاکستر سورگوم تحت تأثیر فراهمی عناصر غذایی قرار نمی‌گیرد و احتمال دارد که بیشتر تحت تأثیر عواملی مانند زمان برداشت، مرحله بلوغ و ویژگی‌های ذاتی گیاه بوده باشد. علاوه‌براین، علت افزایش درصد خاکستر، همراه با افزایش کاربرد کودهای آلی و شیمیایی این است که نیتروژن باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هر چه ریشه گیاه، گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه‌بر تولید مواد آلی مقدار بیشتری نیز مواد معدنی را در خود نگه می‌دارد (Saeednejad et al., 2012).

درصد پروتئین سیلویی (CP)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های علوفه ذرت تحت تیمار سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی نشان داد که تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱۲/۵۸ درصد) بیشترین درصد پروتئین و تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۱۰/۲۱ درصد) کمترین درصد نیتروژن را داشتند (جدول ۶). اگر چه کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای حاوی مقادیر بالای نیتروژن مانند کودهای مرغی اغلب سبب افزایش درصد پروتئین می‌شود، ولی این موضوع در همه موارد ثابت نشده است. نتایج تحقیقات نشان داده است در اثر تأمین نیتروژن درصد پروتئین زمانی افزایش پیدا می‌کند که نیتروژن بیشتر از نیاز گیاه برای تولید باشد. زمانی که مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه کم باشد، تغییر محسوسی در میزان پروتئین به‌وجود نمی‌آید (Sharma et al., 2020). در آزمایشی، افزایش درصد پروتئین علوفه ذرت در اثر کاربرد تیمارهای کودی در مقایسه با تیمار شاهد گزارش شد که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت نداشت (Saeednejad et al., 2012). در مطالعه‌ای که با هدف بررسی ارزش تغذیه‌ای و تجزیه‌پذیری سیلاژ سورگوم از علوفه چین اول و دوم انجام شد، گزارش گردید که پروتئین علوفه سیلاژی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Eyni & Bashtani, 2016). در آزمایش دیگری که با هدف مقایسه درصد پروتئین علوفه سیلاژی ذرت و سورگوم با علوفه تازه انجام گردید، گزارش شد که درصد پروتئین علوفه سیلاژی، کمتر از علوفه تازه بود که این امر یک مزیت برای استفاده از علوفه سیلاژی در مقایسه با علوفه تازه می‌باشد (Sharma et al., 2020).

درصد ماده خشک علوفه سیلویی

بر اساس مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفیت علوفه ذرت متأثر از تیمارهای کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی، بیشترین (۲۷/۵۱ درصد) درصد ماده خشک سیلاژ ذرت علوفه‌ای در تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده حاصل گردید و کمترین (۲۳/۷۱ درصد) مقدار آن در تیمار ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده مشاهده شد که با شاهد (بدون کاربرد کود) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی از کودهای دامی و کود شیمیایی از طریق استفاده مؤثر و کارآمد از آب و مواد غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک منجر به افزایش درصد ماده خشک می‌شود (Bhattacharyya et al., 2018). ماده خشک یکی از عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات سیلاژ ذرت علوفه‌ای می‌باشد، افزایش درصد ماده خشک در ذرت علوفه‌ای باعث کاهش افت محصول سیلاژ ذرت علوفه‌ای تولید شده و تضمین افزایش کیفیت محصول تولیدی خواهد شد. در صورتی که ماده خشک علوفه کاهش یابد، علاوه‌بر افزایش افت محصول نهایی و میزان پساب خارج شده از سیلو، سبب کاهش کیفیت محصول به‌دلیل افزایش غلظت اسید بوتریک آن می‌شود (Saeednejad et al., 2012).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

مقایسه میانگین اثرات کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی بر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نشان داد که بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵درصد کود شیمیایی (۶۵/۵۱ درصد) و تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۷۲/۲۶ درصد) و کمترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۴/۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). نتایج تحقیقات در خصوص تأثیر تیمارهای کودی بر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نشان داد که کاربرد این کودها باعث فعال شدن بیشتر رشد رویشی، افزایش تقسیم سلولی و نازک شدن دیواره سلولی شده که این امر باعث کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با

شاهد شده است (Sharma et al., 2020). در آزمایش قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2018) منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه ذرت داشتند. این پژوهشگران گزارش کردند که در تیمارهای کودی تلفیقی کود شیمیایی + کود دامی درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی در بهترین وضعیت در مقایسه با شاهد بوده (کمترین درصد NDF در تیمار تلفیقی مشاهده شد) و استفاده از کودهای تلفیقی باعث بهبود کیفیت علوفه ذرت شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که هرچند تیمار شماره ۸ سبب افزایش میزان NDF سیلاژ ذرت نسبت به سایر تیمارهای آزمایش شد، امّا باتوجه به اینکه درصد ADF در این تیمار نیز پایین‌تر از سایر تیمارهای آزمایش بود (به غیر از تیمارهای T_6 و T_4)، این تیمار آزمایش سبب افزایش درصد همی سلولز (تقریباً ۴۹/۶۶ ماده خشک) نسبت به سایر تیمارهای آزمایش شد. قابلیت هضم سلولز و لیگنین در NDF کمتر از همی سلولز است.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین و کمترین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به ترتیب در تیمارهای ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + صفر کیلوگرم کود شیمیایی (۳۱/۷۰ درصد)، ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۲۱/۷۳ درصد) و ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵درصد کود شیمیایی توصیه شده (۲۱/۴۰ درصد) بود (جدول ۴). محتوای نیتروژن بالا در گیاه باعث شادابی شاخ و برگ و کاهش میزان خشبی شدن آن می‌شود. در مقابل، نیتروژن کمتر باعث افزایش محتویات دیواره سلولی از جمله سلولز و لیگنین می‌شود. برخی از محققان گزارش کردند که رابطه‌ای منفی بین میزان نیتروژن و درصد الیاف ADF وجود دارد و ویژگی های نامطلوب در کیفیت علوفه با افزایش غلظت نیتروژن کاهش می یابد، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی قابلیت هضم علوفه را نشان می‌دهد (Ghasemi et al., 2018). نتایج حاصل از تحقیق آرمسترانگ و همکاران (Armstrong et al., 2018) نشان داد که درصد فیبرهای غیر محلول در شوینده اسیدی، بهترین شاخص برای بیان ارزش غذایی نسبت به فیبر خام و سلولز می‌باشد و افزایش میزان مصرف نیتروژن باعث کاهش درصد فیبرهای غیر محلول در شوینده اسیدی می‌شود. علاوه‌براین، کونترارس-گوآ (Contreras-Govea et al., 2009) نیز در تحقیق خود بیان کردند با افزایش کود نیتروژن درصد فیبر قابل حل افزایش یافت که این امر باعث افزایش هضم و خوش‌خوراکی علوفه گردید. در آزمایش دیگری که با هدف بررسی تأثیر تیمارهای پیش کاشت و میزان نیتروژن بر خصوصیات کیفی و کمّی ذرت سیلویی هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد، گزارش شد که درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در تیمار کود دامی کمتر از سایر تیمارهای اعمال شده در آزمایش بود (Saeednejad et al., 2012). در تحقیق دیگری، نتایج نشان داد که در تیمار تلفیقی، مقدار ADFکاهش یافت که به‌دلیل اثر افزایشی نیتروژن بر رشد رویشی و انبساط سلولی بوده است (Habibi & Majidian, 2014).

نتیجه‌گیری

در آزمایش حاضر، بیشترین ارتفاع بوته، تعداد بلال در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و نیتروژن دانه در تیمار تلفیقی T_{10} (۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده) مشاهده شد. هر چند کاربرد ۵۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی پلیت شده به‌تنهایی (T_8)، از لحاظ عملکرد دانه و روغن در سطح برابری با تیمار برتر آزمایش (تیمار ترکیبی T_{10}) قرار گرفت، ولی کیفیت علوفه در تیمارهای کود تلفیقی (شیمیایی و مرغی) بهتر از کاربرد کودهای شیمیایی و مرغی به‌تنهایی بود. به نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبی این کودها باعث فعال شدن بیشتر رشد رویشی، افزایش تقسیم سلولی و نازک شدن دیواره سلولی شده که این امر باعث کاهش درصد الیاف نامحلول می‌گردد. در آزمایش حاضر، سعی گردید که علاوه‌بر کاربرد ترکیبی کود شیمیایی با مقادیر متفاوت کود مرغی، مصرف کودهای شیمیایی کاهش داده شود تا علاوه‌بر صرفه جویی در مصرف کود و هزینه‌های ناشی از آن اثرات مخرب زیست محیطی نیز کاهش یابد و وضعیت خاک از لحاظ حاصلخیزی درازمدت و درصد ماده آلی خاک بهبود پیدا کند.

References

1. Agyenim-Boateng, S., Zickermann, J., & Kornahrens, M. (2016). Poultry manure effect on growth and yield of

maize. *West African Journal of Applied Ecology*, *9*(1), 1-11. https://doi.org/10.4314/wajae.v9i1.45682
2. AOAC. (1999). In: Cunnif, P. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
3. Armstrong, K.L., Albrecht, K.L., Lauer, J.G., & Riday, H. (2018). Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Science*, *48*, 371-379. https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0244
4. Ayeni, L.S., & Adetunji, M.T. (2010). Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. *Nature and Science*, *8*(1), 60-67.
5. Ayub, M., Nadeem, M.A., Sharar, M.S., & Mahmood, N. (2017). Response of maize (*Zea mays* L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. *Asian Journal of Plant Sciences*, *1*(4), 352-354. https://doi.org/10.3923/ajps.2002.352.354
6. Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., & Gupta, H.S. (2018). Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rain fed soybean-wheat system of the Indian Himalayas. *European Journal of Agronomy 28*, 33-46. https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.04.006
7. Bostick, W.M.N., Bado, V.B., Bationo, A., Solar, C.T., Hoogenboom, G., & Jones, J.W. (2007). Soil carbon dynamics and crop residue yields of cropping systems in the Northern Guinea Savanna of Burkina Faso. *Soil and Tillage Research*, *93*(7), 138-151. https://doi.org/10.1016/j.still.2006.03.020
8. Cheema, M.A., W. Farhad, M.F., Saleem, H.Z., Khan, M.A., Vahid, F., Rasul., & Hammad. H.M. (2010). Nitrogen management strategies for sustainable maize production. *Crop and Environment*, *1*(1), 49-52.
9. Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., & Albrecht, K.A. (2009). Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*, *150*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.07.001
10. Curran, B., & Posch, J. (2010). Agronomic management of silage for yield and quality: Silage cutting height. *Crop Insights 10* (2): 145-155.
11. Dilshad, M.D., Lone, M.I., Jilani, G., Azim-Malik, M., Yousaf, M., Khalid, R. & Shamin, F. (2010). Integrated nutrient management (IPNM) on maize under rainfed condition. *Pakistan Journal of Nutrition*, *9*, 896-901. https://doi.org/10.3923/pjn.2010.896.901
12. Djilan, G., & Mourad, S. (2013). Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L.) in a Sahara Desert region. *International Journal of Agricultural and Crop Research*, *5* (22), 2724-2731.
13. Eyni, B., & Bashtani, B. (2016). Survey of nutritive value and degradability of sorghum silage from first and second cutting of forage. *Research on Animal Production 7*(16), 142-136. (In Persian with English abstract). https://www.doi.org/10.29252/rap.7.14.142
14. FAO. (2021). FAOSTAT. Statistical of crop production. Avilable at: http://www.fao.org/faostat/en/#data.
15. Farhad, W., Saleem, M. f., Cheema, M.A., & Hammad, H.M. (2009). Effect of poultry manure levels the productivity of spring maize (*Zea mays* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences*, *19*(3), 122-125.
16. Fernandez-Luqueno, F., Reyes-Varela, V., Martinez-Suarez, C., Salomon-Hernandez, G., Yanez-Meneses, J., Ceballos-Ramirez, M., & Dendooven, L. (2010). Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology*, *101*, 396-403. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.058
17. Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., & Fanaie, H.R. (2018). Effect of different tillage management on maize forage and grain quality and quantity under the influence of different sources of organic and chemical fertilizers. *Journal of Agroecology 10*(2), 490-503. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v10i2.59988
18. Habibi, S., & Majidian, M. (2014). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermicompost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). *Journal of Crop Production and Processing*, *11*(4), 143-155. (In Persian with English abstract)
19. Hirzel, J., Donnay, D., Fernandez, C., Meier, S., Lagos, O., & Mejias-Barrera, P. (2018). Evolution of nutrients andsoil chemical properties of seven organic fertilizers in two contrasting soils under controlled conditions. *Chilean Journal of Agricultural* and *Animal Sciences*, *34*, 77–88. https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000301
20. Hirzel, J., Matus, I., Novoa, F., & Walter, I. (2007). Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.)

production and nutrient uptake. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *5*, 102-109. https://doi.org/10.5424/sjar/2007051-226

21. Jahanzad, E., Sadeghpoura, A., Lithourgidisb, A.S., Hashemi, M., Lithourgidis, A.M., Esmaeilic, A., & Hosseinic, M.B. (2014). Forage yield and quality of barley-annual medic intercrops in semi-arid environments. *International Journal of Plant Production*, *8*(1), 1735-8043.
22. Javanmard, A., & Shekari, F. (2016). Improvement of seed yield, its components and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by applications of chemical and organic fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology*, *37*(1), 35-56. (In Persian with English abstract)
23. Judith, N., Chantigny, M., Dayegamiye, A., & Laverdiere, M. (2009). Dairy cattle manure improves soil productivity in low residue rotation systems. *Agronomy Journal*, *101*, 207-214. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0142
24. Kariminejad, M., Pazoki, A., & Fooladi Toroghi, A. (2017). Effect of methods and amounts of complete fertilizer using on yield and yield components of corn variety in Shahr-e-Rey region. *Agronomy and Plant Breeding*, *12* (4), 15-33. (In Persian with English abstract)
25. Maghsudi, E., Ghalavand, A., & Aghaalikhan, M. (2014). The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. *Applied Field Crops Reaserch*, *27*(104): 129-135. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2014.101820
26. McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V., & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry*, *22*(9): 1156–1158.
27. Modirshanechi, M. (2015). Production and management of forage plants. First edition, Astan Ghadi Razavi Publications, Mashhad, 448 pp.
28. Mojab Ghasroddashti, A., Maghsoudi, E., Behzadi, Y., & Fereidooni, M.J. (2017). The effects of different sources of nitrogen on yield and yield component of sweet corn (*Zea mays* L. saccharata). *Journal of Agroecology*, *9*(1), 171- 184. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v9i1.52309
29. Muhammet, K. (2019). The effects of poultry manure and inorganic fertilizer applications on nitrogen and irrigation water use efficiency in forage corn cultivars. *Journal of Agricultural Faculty of Gazi Osman Pasa University*, *32*(1), 104-111. https://doi.org/10.13002/jafag767
30. Nelson, D. & Sommers, L. (1973). Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, *65*(1), 109-112.
31. Rodney, K., Heitschmid, T., & Jerry, W.S. (2011). Grazing Management and Ecological Perspective, 2nd Ed. Timber Publishing, 259 pp.
32. Saeednejad, A.H., Rezvani Moqhaddam, P., Kazaei, H.R., & Nasir Mahalati, M. (2012). Assessment the effect of organic fertilizers, biofertilizers and chemical on forage quality of Sorghum. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *9*(4), 623-630. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v9i4.13241
33. Shata, S.M., Mahamoud, A., & Siam, S. (2007). Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *3*, 733-739.
34. Sharma, R., Singh, M., Kumar, P., & Sharma, A. (2020). Mineral profile of abandoned cows suffering from anestrus. *The Indian Journal of Animal Sciences*, *90*(4), 581-583. https://doi.org/10.56093/ijans.v90i4.104203
35. Suresh, G., Mehera, B., & Kumar, P. (2022). Effect of organic manures on growth and yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pharma Innovation*, *11*(7),759-762.
36. Thind, S.S., Sing, M., Sidhu, A.S., & Chhibba, I.M. (2018). Influence of continuous application of organic manures and nitrogen fertilizer on crop yield, N uptake and nutrient status under maize-wheat rotation. *Journal of Research Punjab Agricultural University*, *39*(3), 357-361.
37. Tilley, J.A. & Terry, R.A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. *Journal of British Grassland Society*, *18*, 104-111
38. Vajedi Roshan, S.A., Rahimi Petroudi, E., Mirzaie, G., & Mobasser, H. (2015). Effects of nitrogen fertilizers and manure (farmyard manure) on grain yield and yield components. *New Finding in Agriculture*, *9*(3), 237-251. (In Persian with English abstract)
39. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3596. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

40. Waniyo, U.U., Sauwa, M.M., Ngala, A.L., Abubakr, G.A., & Anelo, E.C. (2014). Influence of sources and rates of manure on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) in Maiduguri, Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science, 21*(4), 259-265. https://doi.org/10.4314/njbas.v21i4.3
41. Zeidan, M.S., Amany, A., & El. Kramany, M.F. (2016). Effect of N- fertilizer and plant density on yield quality of maize in sandy soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Science, 2*(4), 156-161.